

מערכות אלקטרוניות א'

יחידת לימוד אחת

(כיתה י"ב)

הוראות לנבחן

א. משך הבחינה: שעותיים.

ב. מבנה השאלון ומפתח ההערכה: בשאלון שני פרקים, ובהם שבע שאלות. יש לענות על ארבע שאלות בלבד, שאלה אחת לפחות מכל פרק. לכל שאלה – 25 נקודות. סך-הכול – 100 נקודות.

ג. חומר עזר מותר לשימוש: מחשבון.

ד. הוראות מיוחדות:

- ענה על מספר השאלות הנדרש בשאלון. המעריך יקרא ויעריך את מספר השאלות הנדרש בלבד, לפי סדר כתיבתן במחברתך, ולא יתייחס לתשובות נוספות.
- התחל כל תשובה לשאלה חדשה בעמוד חדש.
- רשום את כל תשובותיך אך ורק בעט.
- הקפד לנסח את תשובותיך כהלכה ולסרטט את תרשימיך בבהירות.
- כתוב את תשובותיך בכתב-יד ברור, כדי לאפשר הערכה נאותה שלהן.
- אם לדעתך חסרים נתונים הדרושים לפתרון שאלה, אתה רשאי להוסיף אותם, בתנאי שתנמק מדוע הוספת אותם.
- בכתיבת פתרונות חישוביים, קבלת מֶרֶב הנקודות מותנית בהשלמת כל המהלכים שלהלן, בסדר שבו הם רשומים:
 - * רישום הנוסחה המתאימה.
 - * הצבה של כל הערכים ביחידות המתאימות.
 - * חישוב (אפשר באמצעות מחשבון).
 - * רישום התוצאה המתקבלת בציון יחידות המידה המתאימות.
 - * ליווי הפתרון החישובי בהסבר קצר.

בשאלון זה 4 עמודים ו-5 עמודי נוסחאון.

ההנחיות בשאלון זה מנוסחות בלשון זכר, אך מכוונות לנבחנות ולנבחנים כאחד.

בהצלחה!

השאלות

בשאלון זה שני פרקים ובהם שבע שאלות. יש לענות על ארבע שאלות בלבד, שאלה אחת לפחות מכל פרק.

פרק ראשון: תקשורת תקבילית

ענה על שאלה אחת לפחות מבין השאלות 1–4 (לכל שאלה – 25 נקודות).

שאלה 1

א. נתון אות מאופנן AM, שמשוואתו היא:

$$X_{AM}(t) = 12 [1 + 0.3 \cdot \cos(2\pi \cdot 3000 t)] \cdot \cos(2\pi \cdot 10^6 t)$$

מצא מתוך המשוואה הנתונה את הגדלים הבאים:

1. תדר גל המידע
 2. תדר הגל הנושא
 3. מקדם האפנון
 4. עוצמת הגל הנושא
 5. עוצמת גל המידע
- ב. ציין את העוצמה ואת התדר של כל אחת מן ההרמוניות המרכיבות את הגל המאופנן.
- ג. סרטט את הספקטרום של הגל המאופנן.

שאלה 2

- א. 1. סרטט תרשים מלבנים של מקלט AM מסוג סופר־הטרודיין, הכולל יחידת AGC.
2. הסבר את תפקידה של כל אחת מן היחידות במקלט.
- ב. 1. הסבר מהו תדר בבואה (תדר ראי) במקלט מסוג סופר־הטרודיין.
2. הסבר כיצד ניתן להתגבר על בעיית תדר הבבואה במקלט.

שאלה 3

- א. 1. סרטט תרשים מלבנים של משדר FM.
2. הסבר את תפקידה של כל אחת מן היחידות במשדר.
- ב. אות שמע, שתחום התדרים שלו הוא בין 200 Hz ל-5 kHz, מאפנן אות נושא במשדר FM. חשב את רוחב הפס המרבי של האות המשודר, אם סטיית התדר המרבית שלו היא 10 kHz.

שאלה 4

- א. 1. סרטט תרשים מלבנים של מקלט FM מסוג סופר-הטרודיין.
2. הסבר את תפקידה של כל יחידה במקלט.
- ב. תדר המתנד המקומי במקלט FM הוא 110.7 MHz, ותדר הביניים של המקלט הוא 10.7 MHz. חשב את התדר הנקלט על-ידי המקלט.

פרק שני: תקשורת ספרתית

ענה על שאלה אחת לפחות מבין השאלות 5–7 (לכל שאלה – 25 נקודות).

שאלה 5

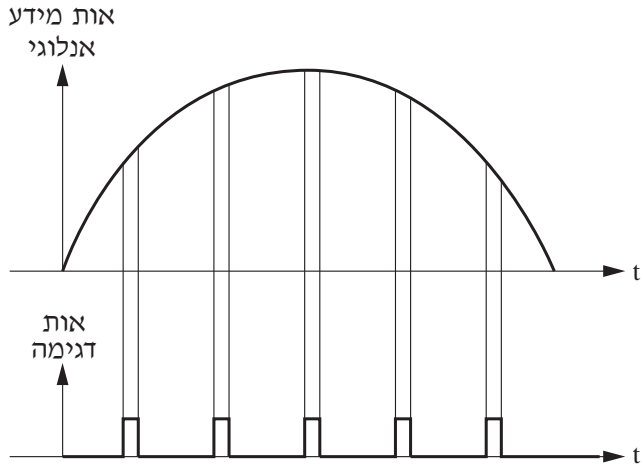
- נדרש לשדר את אות המידע הספרתי: 1 0 1 1 1 1 1 1 0 1.
- א. סרטט את אות המידע הספרתי כפונקציה של הזמן, כשהוא מקודד בקידוד NRZ.
 - ב. 1. מהי הבעיה שתיגרם עקב הרצף של שבעת ה"1" באות המידע הספרתי הזה, אם המקלט המקבל את אות המידע עובד בשיטה האסינכרונית?
2. איך נפתרת הבעיה הזו בקידוד RZ?
 - ג. סרטט את אות המידע הספרתי הזה, כשהוא מקודד בקידוד RZ.

שאלה 6

- א. מהו אפנון דופק מקודד (PCM), ומהו יתרונו על-פני אפנון תנופת הדופק (PAM)?
- ב. מהי מטרת הריבוב של אותות ספרתיים?
- ג. הסבר מהו ריבוב בתדר (FDM) ומהו ריבוב בזמן (TDM).

שאלה 7

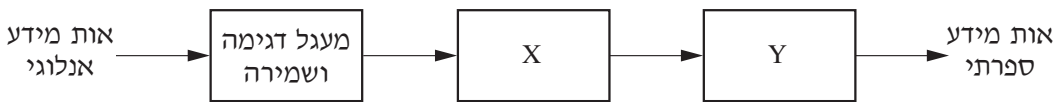
א. באיור א' לשאלה 7 מתוארים, זה מתחת לזה בהתאמה, אות מידע אנלוגי ואות דגימה.



איור א' לשאלה 7

העתק למחברתך את האותות הללו, וסרטט מתחתיהם, בהתאמה, את האות המתקבל באפנון PAM, כפונקציה של הזמן.

ב. באיור ב' לשאלה נתון תרשים מלבני עקרוני, המתאר הפיכת אות אנלוגי לאות ספרתי.



איור ב' לשאלה 7

רשום את שמה והסבר את תפקידה של כל אחת מן היחידות X ו-Y.

בהצלחה!

אין להעביר את הנוסחאון
לנבחן אחר

נוסחאון במערכות אלקטרוניות (5 עמודים)

1. תקשורת תקבילית

אפנון תנופה (AM):

הערך הרגעי של המתח - $X_{AM}(t)$ [V]

גל המאופן AM

$$X_{AM}(t) = A_c (1 + m_a \cos \omega_m t) \cos \omega_c t$$

תנופת הגל הנושא - A_c [V]

תנופת הגל המאפן - A_m [V]

מקדם אפנון AM - m_a

$$m_a = \frac{A_m}{A_c}$$

תדר הגל המאפן - f_m [Hz]

תדר זוויתי של הגל המאפן - ω_m $\left[\frac{\text{rad}}{\text{sec}} \right]$

תדר הגל הנושא - f_c [Hz]

תדר זוויתי של הגל הנושא - ω_c $\left[\frac{\text{rad}}{\text{sec}} \right]$

$$\omega_m = 2\pi f_m$$

$$\omega_c = 2\pi f_c$$

תנופת פס-הצד העליון - $V_{USB}(\text{max})$ [V]

$$V_{USB}(\text{max}) = \frac{A_m}{2}$$

תנופת פס-הצד התחתון - $V_{LSB}(\text{max})$ [V]

$$V_{LSB}(\text{max}) = \frac{A_m}{2}$$

f_{USB} [Hz] - תדר פס־הצד העליון

$$f_{\text{USB}} = f_c + f_m$$

f_{LSB} [Hz] - תדר פס־הצד התחתון

$$f_{\text{LSB}} = f_c - f_m$$

BW [Hz] - רוחב הפס של גל מאופנן AM

$$BW = 2f_m$$

P_{AM} [W] - הספק של גל מאופנן AM

$$P_{\text{AM}} = P_c + P_{\text{USB}} + P_{\text{LSB}}$$

P_c [W] - הספק הגל הנושא

$$P_c = \frac{A_c^2}{2R}$$

R [Ω] - התנגדות העומס

P_{USB} [W] - הספק פס־הצד העליון

$$P_{\text{USB}} = P_{\text{LSB}} = P_c \cdot \frac{m_a^2}{4}$$

P_{LSB} [W] - הספק פס־הצד התחתון

$$P_{\text{AM}} = P_c \left(1 + \frac{m_a^2}{2} \right)$$

η - נצילות שידור באפנן AM

$$\eta = \frac{1}{1 + \frac{2}{m_a^2}}$$

אפנון תדר (FM):

- הערך הרגעי של המתח
בגל המאופנן FM - $X_{FM}(t)$ [V]
- תדר זוויתי של הגל הנושא - ω_c $\left[\frac{\text{rad}}{\text{sec}} \right]$
- תדר זוויתי של הגל המאפנן - ω_m $\left[\frac{\text{rad}}{\text{sec}} \right]$
- תנופת הגל הנושא - A_c [V]

$$X_{FM}(t) = A_c \sin(\omega_c t + m_f \cos \omega_m t)$$

- מקדם אפנון FM - $m_f = \beta$
- סטיית התדר המרבית - $\Delta f_c(\text{max})$ [Hz]
- תדר הגל המאפנן - f_m [Hz]

$$\beta = m_f = \frac{\Delta f_c(\text{max})}{f_m}$$

- רוחב הפס של גל מאופנן FM - BW [Hz]

$$BW \approx 2f_m (m_f + 1)$$

- הספק של גל מאופנן FM - P_{FM} [W]
- התנגדות העומס - R $[\Omega]$

$$P_{FM} = P_c = \frac{A_c^2}{2R}$$

אפנון פזה (PM):

$$X_{PM}(t) = A_c \cdot \cos(\omega_c t + K_p \cdot A_m \cos \omega_m t)$$

$X_{PM}(t)$ [V] - הערך הרגעי של המתח

בגל המאופנן PM

K_p $\left[\frac{\text{rad}}{\text{V}} \right]$ - קבוע אפנון מופע

γ [rad] - סטייה מרבית של המופע

$$\gamma = K_p \cdot A_m$$

מקלטים:

f_o [Hz] - תדר התהודה

Q - גורם הטיב

BW [Hz] - רוחב הפס

$$BW = \frac{f_o}{Q}$$

f_{IF} [Hz] - תדר הביניים במקלט מסוג
סופר-הטרודיין

$$f_{IF} = f_{LO} - f_{RF}$$

עבור $f_{LO} > f_{RF}$

f_{LO} [Hz] - תדר המתנד המקומי

$$f_{IM} = f_{RF} + 2 \cdot f_{IF}$$

f_{RF} [Hz] - תדר התחנה הנקלטת

$$f_{LO} = f_{RF} - f_{IF}$$

עבור $f_{LO} < f_{RF}$

f_{IM} [Hz] - תדר ראי במקלט סופר-הטרודיין

$$f_{IM} = f_{RF} + 2 \cdot f_{IF}$$

רעש:

$$V_n = \sqrt{4K \cdot T \cdot R \cdot BW}$$

מתח רעש אפקטיבי
(מתח רעש תרמי) - V_n [V]

קבוע בולצמן - $K = 1.38 \cdot 10^{-23} \left[\frac{J}{^\circ K} \right]$

טמפרטורה - T [$^\circ K$]

התנגדות העומס - R [Ω]

רוחב הפס - BW [Hz]

$$P_N = K \cdot T \cdot BW$$

הספק הרעש (הספק תרמי) - P_N [W]

יחס אות לרעש - SNR [dB]

הספק האות - P_S [W]

הספק הרעש - P_N [W]

$$SNR = 10 \log \frac{P_S}{P_N}$$

2. תקשורת ספרתית

$$f_s \geq 2f_m(\max)$$

תדר דגימה - f_s [Hz]
תדר ההרמוניה הגבוהה ביותר
של האות הנדגם - $f_m(\max)$ [Hz]

בהצלחה!